

YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KONTRPLAK ATIKLARININ KULLANILMASI

ÇOLAK, Semra^a, ÖZTÜRK, Hasan^b, DEMİR, Aydın^c ve DEMİRKİR, Cenk^a

a, KTÜ, Orman Fakültesi, OEM Bölümü, Trabzon/TÜRKİYE

b, KTÜ, Arsin Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Programı, Trabzon /TÜRKİYE

c, KTÜ, Of Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon /TÜRKİYE

d, KTÜ, Orman Fakültesi, OEM Bölümü, Trabzon/TÜRKİYE

colak@ktu.edu.tr, hasanozturk@ktu.edu.tr, aydindemir@ktu.edu.tr, cenk@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada çam kontrplak atıklarından üretilen yongalevhaların bazı teknolojik özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla çam kontrplak atıklarından ve çam odunundan elde edilen yongalar farklı oranlarda (%25, %50, %75, %100) karıştırılarak yongalevhalar üretilmiştir. Üretilen yongalevhaların mekanik özelliklerinden EN 319' a göre yüzeye dik çekme direnci, EN 310' a göre eğilme direnci; fiziksel özelliklerinden EN 323' e göre yoğunluk, EN 322' ye göre denge rutubet miktarı ve EN 317' ye göre kalınlığına şişme ve su alma değerleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak; üretilen yongalevhaların eğilme direnci ve yapışma direnci değerleri tüm gruplar için EN'nin ilgili standartlarında genel kullanım amaçlı yongalevhalar için öngörülen değerleri karşılamıştır.

Anahtar kelimeler: Kontrplak atıkları, yongalevha, yapışma direnci, kalınlığına şişme

UTILIZATION OF PLYWOOD WASTE FOR PARTICLEBOARD MANUFACTURING

Abstract

The aim of this study was to investigate some technological properties of particleboard made from pine plywood waste. The particleboard panels were manufactured by using different percentages (25%, 50%, 75% and 100%) of particles obtained from pine plywood waste and fresh pine particles. Some mechanical properties such as internal bond, and modulus of rupture of the particleboard panels were determined according to EN 319, EN 310, respectively. Physical properties such as density, equilibrium moisture content, thickness swelling and water absorption were determined according to EN 323, EN 322 and EN 317 , respectively. As a results; some technological properties such as internal bond and bending strength of all test groups met the values given in concerning standard of EN.

Keywords: Plywood waste, particleboard, internal bond, thickness swelling

1. Giriş

Odun hem masif hem de odun kompozitleri olarak çok geniş ve farklı alanlarda yoğun olarak kullanılan yüksek değerli ve kullanışlı bir malzemedir. Ormanların yok edilmesi ve bozulması, buna karşı ahşap esaslı ürünlere olan talebin giderek artması ahşap sanayi sektöründe uzun bir süre için hammadde sıkıntısına yol açmıştır. Özellikle son yıllarda tüm dünya genelinde odun esaslı ürünler endüstrisinde hammadde olarak kullanılan odunun temininde zorluklar yaşanmaktadır [1]. Hammadde sıkıntısı yaşayan endüstriler masif odun yerine, ahşap kökenli yonga levha, lif levha, kontrplak, OSB (yönlendirilmiş yongalevha) ve ahşap kaplamalardan elde edilmiş yapı malzemelerini kullanmaktadır [2]. Yaşanan hammadde sıkıntısına çözüm olarak yapılan araştırmalar neticesinde; yonga levha üretiminde talaş, testere tozu, ince çaplı ve düşük kalitedeki tomrukların kullanılabileceği [3], odun dışı ürünlerin ve tarım-orman atıklarının hammadde olarak değerlendirilebileceği ifade edilmektedir [4]. Bu amaçla araştırılan hammaddeler arasında kivi budama parçacıkları [5], çay atıkları [6], badem kabukları

[7], keten [8], buğday sapı ve mısır özü [9], ağaç dalı, bozulmuş odun ve kabuk [10, 11], durian kabuğu ve hindistan cevizi [12, 13], bağ budama atıkları [14], ayçiçeği sapları [15], pamuk sapları, şeker kamışı, pirinç sapı [16], pamuk yaprağı [17], mısır koçanı ve kabuğu [18] odun parçaları ve kağıt üretim atıkları [19] bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmalar neticesinde tarımsal atıklar gibi alternatif hammaddelerin gelecekte yonga levha sektöründe önemli bir rol oynayacağı açıktır.

“Odun parçalarından (odun yongaları, testere talaşı, rende talaşı vb.) ve/veya diğer lignoselülozik malzemelerden (keten, kenevir ipliği, kendir ipliği, suyu çıkarılmış şeker kamışı posası vb odunlaşmış bitkilerden) elde edilen yongaların tutkallandıktan sonra, sıcak preslenmesiyle elde edilen levhalar” olarak tanımlanmakta [20] olan yonga levhalar, ahşap esaslı panellerin % 57’sini oluşturmaktadır [21]. Yonga levhalara olan talep son yıllarda özellikle konut yapımı ve mobilya imalatında önemli ölçüde artış göstermiş ve Dünya genelinde yonga levha talebinin yılda % 2-5 oranında giderek arttığı ifade edilmektedir [21]. Yonga levha; iç ve dış zemin uygulamalarında, duvarlarda, tavan panellerinde, ofis bölmelerinde, dolap ve mobilya yapımında, tezgah ve masa üzerinde kullanılan en popüler malzemeler arasındadır [9]. Bu tip ürünlerin kullanım süreleri son yıllarda önemli ölçüde değişmiştir. Geçmişte mobilyalar uzun süreler kullanılmaktayken bugün mobilya ve iç donanımlar tüketim malları haline gelmiştir. Bir moda unsuru olarak pek çok odun esaslı levha ürününün yaşam döngüsü gün geçtikçe kısalmaktadır. Bir yandan odun kökenli ürünlerin çeşitliliğindeki artış, diğer yandan bu ürünlerin kullanımları ile ilgili anlayışın değişmesi odun kökenli atıkların hem miktar hem de çeşitliliğini arttırmaktadır. Bu gelişmeler nedeniyle hala kullanılabilir durumdaki ürünler bile büyük bir atık sorunu halini alabilmektedir. Bir yandan kullanım alanındaki artışa paralel olarak artan hammadde talebi, öte yandan bu ürünlerin kullanım sürelerinin kısılması sonucu oluşan atık problemi son yıllarda ahşap esaslı atıkların kontrolüne yeni bir bakış açısı getirmiştir. Özellikle yonga levha ve lif levha üretimi için hammadde alternatifleri arasında çevreye olan katkısı da göz önüne alındığında kullanılmış odun ve odundan üretilen malzemelerin geri kazanılması çalışmaları dikkat çekmektedir [22]. Ayrıca odun esaslı levhaların üretimleri sırasında ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi de hammaddenin etkin kullanımı açısından son derece önemlidir. Kullanılmış ahşap esaslı levhaların, levha sektöründe hammadde

olarak yeniden kullanılabilmesine yönelik birçok araştırma yapılmış olup, geliştirilen yöntemler yonga ya da liflerin geri kazanımı için bir ön işlem gerektirmektedir.

Bu çalışmada ise; çam kontrplak atıklarının herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın yonga levha üretiminde hangi oranda kullanılabileceği araştırılmıştır. Bu amaçla çam kontrplak atıkları ve çam odunu yongalarının, 4 farklı karışım oranında kullanımı ile üretilen tek tabakalı yonga levhaların bazı teknolojik özellikleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada hammadde olarak; çam kontrplak atıkları ve çam odunu kullanılmıştır. Kontrplak atıkları ve çam odunu laboratuvar tipi, iki bıçaklı silindirik yongalama makinesinde kaba yongalama işlemine tabi tutulmuştur. Kaba yongalama makinesinden elde edilen yongalar 6 çekiç ve 16 bıçaktan oluşan bıçak halkalı ince yongalama makinesinde levha üretimi için uygun boyutlara getirilmiştir. Daha sonra yongalar elenmiş ve elenen yongalar laboratuvar tipi kurutma fırınında 110 °C’de %3 rutubete kadar kurutulmuşlardır. Deneme levhalarının üretiminden yapıştırıcı olarak katı madde oranı %65 olan üre formaldehit tutkalı tam kuru yonga ağırlığına oranla %10 oranında kullanılmıştır. Hazırlanan tutkal çözeltisine sertleştirici olarak %1 oranında %20’ lik amonyumklorürün sulu çözeltisi ilave edilmiştir. Levha taslağının hazırlanmasında 43x43 cm boyutlarında şekillendirme çerçevesi ve 1 cm kalınlığında kalınlık takozları kullanılmıştır. Levha taslakları; presleme alanı 70x89 cm olan, elektrikle ısıtılan laboratuvar tipi tek katlı hidrolik preste preslenmiştir. Presten çıkış rutubeti % 8 olarak tayin edilmiştir. Elde edilen levha taslaklarının preslenmesinde; pres basıncı; 23-25 kg/cm², pres sıcaklığı; 150 °C ve pres süresi 6 dakika olarak uygulanmıştır. Levha özgül ağırlığı 0,7 gr/cm³ olarak belirlenmiş ve her bir deneme levhası grubu için 2 şer adet yonga levha üretilmiştir. Üretilen levhalar 20°C ve %65 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında bekletilmiş ve daha sonra bu levhalardan deney örnekleri hazırlanmıştır. Her test grubu için 10’ ar adet deney örneği hazırlanmıştır. Üretimi gerçekleştirilen deneme levhası grupları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Karışım oranlarına göre oluşturulan örnek grupları

Örnek Grupları	Karışım Oranları	
	Çam Yongaları (%)	Kontrplak Atıkları (%)
A	100	-
B	50	50
C	-	100
D	75	25

Üretilen yongalevhaların mekanik özelliklerinden EN 319' a göre yüzeye dik çekme direnci, EN 310' a göre eğilme direnci; fiziksel özelliklerinden EN 323' e göre yoğunluk, EN 322' ye göre denge rutubet miktarı ve EN 317' ye göre kalınlığına şişme ve su alma değerleri belirlenmiştir [23, 24, 25, 26, 27]. Çalışma kapsamında üretilen gruplar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını ortaya koymak için varyans analizi, varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla Student Newman Keuls testi yapılmış ve homojenlik grupları tespit edilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Deneme levhalarında belirlenen, yüzeye dik çekme ve eğilme dirençleri ile yoğunluk, rutubet, kalınlığına şişme ve su alma ortalama değerleri Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Deneme levhalarının fiziksel ve mekanik özelliklerine ait ortalama değerler

Gruplar		Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Rutubet (%)	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm ²)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Kalınlık Artışı (%)		Su Alma	(%)
						2 saat	24 saat	2 saat	24 saat
A	X	0,720	9,506	0,930	15,004	20,282	29,446	76,051	85,769
	S	0,024	0,093	0,115	1,897	3,286	3,806	4,107	2,794
B	X	0,673	9,090	0,753	13,979	18,039	23,627	79,798	87,178
	S	0,057	0,079	0,097	2,841	4,691	5,228	11,577	10,080
C	X	0,651	8,769	0,773	13,947	15,829	22,726	76,441	82,731
	S	0,045	0,098	0,078	2,195	3,726	3,916	7,124	8,293
D	X	0,676	9,341	0,893	14,973	17,347	21,682	77,521	86,282
	S	0,045	0,126	0,101	2,432	4,170	3,858	10,802	7,001

X:Aritmetik Ortalama S:Standart Sapma değerleridir.

Tablo 2’den de görüleceği üzere; deneme levhalarının eğilme direnci değerlerinin 13,947 - 15,004 N/mm² arasında, yüzeye dik çekme direnci değerlerinin ise 0,753 - 0,930 N/mm² arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. EN 312 (2003)’e göre; eğilme ve yüzeye dik çekme dirençleri için elde edilen bu değerler tüm gruplar için 10 mm kalınlığındaki genel kullanım amaçlı yonga levhalar için öngörülen standart değerleri karşılamaktadır [28]. En yüksek yüzeye dik çekme ve eğilme direnci değerleri tamamen çam yongalarından üretilen A grubu levhaları ile %75’ i çam yongalarından %25’ i kontrplak atıklarından üretilen D grubu levhalarında bulunmuştur. En düşük değerler ise tamamen kontrplak atıklarından üretilen C grubunda ve % 50’ si çam yongalarından % 50’ si kontrplak atıklarından üretilen B grubunda bulunmuştur.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; çam yongalarının ve kontrplak atıklarından elde edilen yongaların karışım oranlarının üretilen yonga levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Eğilme direnci değerlerinde bir miktar düşüş olmakla birlikte, gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır (Tablo 3). Yonga levha üretiminde geri dönüşüm materyallerinin kullanılması durumunda yüzeye dik çekme ve eğilme

direncinin önemli ölçüde düştüğü ifade edilmektedir [29]. Bu durum geri dönüşmüş materyal üzerinde kalan kirliliklerin yapışmayı olumsuz yönde etkilenmesinden ve yonga geometrisinin bozulmasından kaynaklanmaktadır. Formaldehit esaslı reçineler pH ve tampon kapasitesindeki değişikliklere oldukça hassas olduklarından geri dönüşmüş materyal kullanımı, sonuç özelliklerinde bazı olumsuzluklara neden olmaktadır. Formaldehit esaslı reçine kullanımı sırasında bu problemlerin çözümü mümkün, ancak genellikle daha fazla tutkal (sonuç ürünün formaldehit ihtivasını arttıracak ölçüde) veya daha yüksek melamin ilavesi gerektirmeleri nedeniyle daha pahalı tutkal kullanımına neden olmaktadır [29]. Masif odun yongalandığında bütün odun yongaları homojen bir yapı gösterirken, ikinci defa yongalamada tutkal hatlarından gelişigüzel kırılmalar sonucunda düzensiz boyut ve şekillerde yongalar oluşmakta ve yonga geometrisi bozulmaktadır. İnce uzun yongalar yerine oluşan daha kübik yonga geometrisi yapışma ve eğilme direncini önemli ölçüde düşürmektedir [29, 30]. Yonga levha üretiminde, yongaların birbirleri ile çok sıkı bir şekilde yapıştırılması gerekmektedir. Bu nedenden dolayı gruplar arasında en yüksek çam yongası içeren A ve D gruplarının en yüksek yüzeye dik çekme direnci değerlerini vermesi ve kontrplak atıklarından elde edilen yongalardan üretilen B ve C gruplarının en düşük yüzeye dik çekme direnci değerlerini vermesi beklenen bir sonuçtur.

Tablo 3. Deneme levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci ve eğilme direnci değerlerine ilişkin Student-Newman-Keuls testi sonuçları ($p<0,005$)

Örnek Grupları	N	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm ²)	Eğilme Direnci (N/mm ²)
A	10	0,930 c	15,004 a
B	10	0,753 a	13,979 a
C	10	0,773 a	13,947 a
D	10	0,893 b	14,973 a

**Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.*

Deneme levhalarının özgül ağırlık değerleri hedeflenen özgül ağırlık (0,70 gr/cm³) sınır değerlerine yakın bulunmuştur. Yonga levhaların özgül ağırlık değerlerinin 0,651 –

0,720 gr/cm³ arasında, denge rutubet miktarlarının ise; % 8,769 - % 9,506 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. EN 312-1 (1996)'e göre yonga levhalarda rutubet miktarının % 9±4 arasında olması öngörülmekte ve belirlenen bu değerler ilgili standarttaki esaslara uymaktadır [31]. Fiziksel özelliklerden kalınlık artışına bakıldığında ise 2 saat su içinde bekletilen örneklerin kalınlık artışının % 15,824 - % 20,282 arasında, 24 saat için ise; % 21,682 - % 29,446 arasında değiştiği görülmektedir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Deneme levhalarına ait özgül ağırlık, rutubet, su alma ve kalınlık artışı değerlerine ilişkin Student-Newman-Keuls testi sonuçları (p<0,005)

Örnek Grupları	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Rutubet (%)	Su Alma (%)		Kalınlık Artışı (%)	
			2 saat	24 saat	2 saat	24 saat
A	0,720 a	9,506 d	76,051 a	85,769 a	20,282 a	29,446 b
B	0,673 a	9,090 b	79,798 a	87,178 a	18,039 a	23,627 a
C	0,651 a	8,769 a	76,441 a	82,731 a	15,829 a	22,726 a
D	0,676 a	9,341 c	77,521 a	86,282 a	17,347 a	21,682 a

**Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.*

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; çam yongalarının ve kontrplak atıklarından elde edilen yongaların karışım oranlarının üretilen yonga levhaların denge rutubet miktarı ve 24 saat için kalınlık artışı değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Diğer fiziksel özelliklerde ise gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

En yüksek denge rutubet miktarı değerleri tamamen çam yongalarından üretilen A grubu levhalarında bulunurken en düşük değerler ise tamamen kontrplak atıklarından üretilen C grubu levhalarında bulunmuştur. 24 saat kalınlık artışı değerlerine bakıldığında ise en yüksek kalınlık artışı miktarı tamamen çam yongalarından üretilen A grubu levhalarında görülürken kontrplak atıkları içeren grupların (B,C ve D) daha düşük

kalınlık artımı değerleri verdiği görülmüştür. Bulunan bu sonuçların nedeni olarak; kontrplakların üretimi aŗamasında uygulanan sıcaklık, basınç ve tutkallama iŗlemleri ile hücrelerin sıkıŗması, ezilmesi ve tutkal ile kapanması neticesinde kontrplak kırıntılarından üretilen grupların daha su itici bir özellik kazanmıŗ olması gösterilebilir [30]. Kontrplak atıklarından elde edilen yongalar levha üretimi aŗamalarında iki kez kurutma ve presleme gibi ısıl iŗleme maruz kaldıklarından sorpsiyon kapasitelerinin azalması beklenen bir durumdur. Dolayısı ile atıklardan elde edilen yongaların kullanım oranındaki artıŗa bağlı olarak levhaların su alma özelliklerinin azalması sorpsiyon kapasitelerindeki azalmayla izah edilebilir.

4. Kaynaklar

- [1] Ayrılmıs N, Kwon J H, Han T H, Effect of resin type and content on properties of composite particleboard made of a mixture of wood and rice husk, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 2012; 38, Pages 79–83.
- [2] Var, A,A, Emprenye Edilmiŗ Yongalardan  retilen Yonga Levhaların Bazı Teknolojik  zellikleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2000.
- [3] Nemli G, Yildiz S, Gezer E D, The potential for using the needle litter of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) as a raw material for particleboard manufacturin, *Bioresource Technology*, 2008; 99, Pages 6054–6058.
- [4] Nemli G, Demirel S, Gumuskaya E, Aslan M, Acar C, Feasibility of incorporating waste grass clippings (*Lolium perenne* L.) in particleboard composites, *Waste Management*, 2009; 29, Pages 1129–1131.
- [5] Nemli G, Kirci H, Serdar B, Ay N, Suitability of kiwi pruning for particleboard manufacturing, *Industrial Crops and Products*, 2003; 17, Pages 39–46.
- [6] Yalinkilic M K, Imamura Y, Tkahashi M, Kalaycioglu H, Nemli G, Demirci Z, Ozdemir T, Biological, physical and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leave, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 1998; 41, Pages 75–84.

- [7] Guru M, Tekeli S, Bilici I, Manufacturing of urea formaldehyde based Composite particleboard from almond shell, *Materials and Design*, 2006; 27, Pages 1148 – 1151.
- [8] Papadopoulos A N, Hague J R B, The potential for using flax shiv as a lignocellulosic raw material for particleboard, *Industrial Crops and Products*, 2003; 17, Pages 143–147.
- [9] Wang D, Sun X S, Low density particleboard from wheat straw and corn pit, *Industrial Crops and Products*, 2002; 15, Pages 43–50.
- [10] Nemli G, Hiziroglu S, Usta M, Serin Z, Özdemir T, Kalaycioglu H, Effect of residue type and tannin content on properties of particleboard manufactured from black locus, *Forest Products Journal*, 2004; 54, Pages 36–40.
- [11] Nemli G, Kirci H, Temiz A, Influence of impregnating wood particles with mimosa bark extract on some properties of particleboard, *Industrial Crops and Products*, 2004; 20, Pages 339–344.
- [12] Khedari J, Charoenvai S, Hirunlabh J, New insulating particleboards from durian peel and coconut coir, *Building and Environment*, 2003; 38, Pages 435–441.
- [13] Khedari J, Nankongnab N, Hirunlabh J, Teekasap S, New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir, *Building and Environment*, 2004; 39, Pages 59–65.
- [14] Ntalos GA, Grigoriou A,H, Characterization and utilization of wine pruning as a wood substitute for particleboard productio, *Industrial Crops and Products*, 2002; 16, Pages 59–68.
- [15] Khristova P, Yossifov N, Gabir S, Glavche I, Osman Z, , ‘Particleboards from sunflower stalks and tannin modified UF resin, *Cellulose Chemistry and Technology*, 1998; 32, Pages 327–337.

- [16] Heslop G, Ten years of experience with commercial straw particleboard production, In: Wolcott, M.P., Miklosko, L.C., Lentz, M.T. (Eds.), In: Thirty First International Particleboard Composite Materials Symposium Proceedings, 1997; vol. 31. Washington State University, Pullman, Pages 109–113.
- [17] Alma M H, Kalaycioglu H, Bektao I, Tutuo A, Properties of cotton carpelbased particleboards, *Industrial Crops and Product*, 2005; 22, Pages 141–149.
- [18] Sampathrajan A, Vijayaraghavan N C, Swaminathan K R, echanical and thermal properties of particleboards made from farm residue, *Bioresource Technology*, 1992; 40, Pages 249–251.
- [19] Taramian A, Doosthoseine K, Mirshokraii S A, Faezipour M, Particleboard manufacturing: an innovative way to recycle paper sludg, *Waste Management*, 2007; 27, Pages 1739–1746.
- [20] EN 309, 1992. Wood Particleboards-Definition and Classification, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [21] Gamageas N, Setungea S, Jollandsa M, Hagueb J, Properties of hardwood saw mill residue-based particleboards as affected by processing parameters, *Industrial Crops Products*, 2009; 29, Pages 248–54.
- [22] Demirkır C, Çolak S, Odun kökenli atıkların levha endüstrisinde yeniden kullanım imkanları, *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 2006; 7(1), s. 41-50.
- [23] EN 319, 1993. Particleboards and fiberboards, determination of tensilenstrength perpendicular to plane of the board. European Committee for Standardization. Brussels – Belgium.
- [24] EN 310, 1993. Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.

- [25] EN 323, 1999. Wood Based Panels, Determination of the Density. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
- [26] EN 322, 1993. Wood-based panels, Determination of moisture content. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
- [27] EN 317, 1993. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
- [28] EN 312, 2003. Particleboards-Specifications. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
- [29] Taylor J, Mann R, Reilly M, Warnken M, Pincic D, Recycling and End-of-Life Disposal of Timber Products, Forest and Wood Products Research and Development Corporation, 2005; Project No, PN 05.1017.
- [30] Demirkır, C, Kontrplak Üretimi Sırasında Oluşan Odunsu Atık Ve Artık Materyallerin Yongalevha Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, F.B.E., Trabzon, 2006.
- [31] EN 312 – 1, 1996. Particleboards- Specification- Part 1: General requirements for all board types, Brussels. Belgium.